CHAPITRE VII

L'OS

62. L'os, ou substance osseuse, est associé à plusieurs autres tissus mous pour former une individualité anatomique.

(*a*). Le *périoste*. Excepté au niveau des surfaces articulaires, et dans les points où les os sont unis l'un à l'autre par des ligaments ou cartilages, tous les os sont recouverts d'une membrane vasculaire de tissu cellulaire, c'est le périoste. Il est constitué, dans la plupart des cas, par une couche fibreuse externe, composée de faisceaux fibreux, agrégés en un tissu dense et par une couche interne ou ostéogène. Cette dernière, de texture lâche, consiste en un réseau de minces faisceaux fibreux contenant de nombreux vaisseaux sanguins et des cellules protoplasmiques. Les vaisseaux sanguins constituent un réseau de capillaires très riche. Les cellules sont sphéroïdes ou oblongues; chacune a un noyau sphérique ou ovale; elles servent à former la substance osseuse et ont reçu le nom d'ostéoblastes (Gegenbaur).

(*b*) Le *cartilage* hyalin; sa distribution et sa con-

nexion avec l'os ont été mentionnées dans les paragraphes 55 et 59.

63. (*c*) La *moëlle de l'os* est un tissu vasculaire mou remplissant tous les espaces et cavités des os. Elle est constituée par une petite quantité de tissu cellulaire formant la trame et contenant de nombreux vaisseaux sanguins et des cellules. Les quelques artérioles afférentes se résolvent en un réseau dense de capillaires qui se continuent avec des plexus veineux caractérisés par leurs dimensions et l'excessive minceur de leur paroi.

Les cellules offrent des dimensions et une configuration analogues aux ostéoblastes du tissu ostéogène; on les appelle cellules à moëlle (médullocelles). Pour ce qui est de l'origine et de la structure, le tissu de la couche ostéogène du périoste et la moëlle sont identiques [1].

[1] *Moëlle sous-périostique*. — Cette expression n'est pas absolument exacte s'appliquant à la couche d'ostéoblastes sous-périostique, couche ostéogène d'Ollier. Cette expression consacre une confusion entre les ostéoblastes et les éléments proprement dits de la moëlle des os, les médullocelles.

Sur des coupes perpendiculaires à la diaphyse d'un fémur d'embryon de mouton de 5 à 8 centimètres de long, on voit, aussi bien sous le périoste que dans les espaces de Havers, ces rangées d'ostéoblastes avec leurs caractères habituels, forme polyédrique ou même prismatique rappelant la configuration épithéliale, volume assez considérable; mais dans le rudiment du canal médullaire, on distingue déjà des amas d'éléments sphériques ayant l'aspect ordinaire des médullocelles.

Ces derniers éléments, qui sont beaucoup moins volumineux que les ostéoblastes ont une forme sphérique, un gros noyau, etc. et ne semblent pas participer à l'accroissement de l'os.

Au fur et à mesure que des couches osseuses concentriques se déposent autour des espaces de Havers qui passent graduel-

Chez l'embryon, la moëlle est dérivée d'une involution de la couche ostéogène du périoste (voir plus bas), de sorte que, chez l'adulte, les deux tissus restent directement continus. Comme on le démontrera plus loin, la moëlle aux extrémités des os, en voie d'accroissement, contribue à la nouvelle formation de la substance osseuse, de la même manière que la couche ostéogène du périoste sert à la formation de la surface de l'os ; et dans ces deux conditions, le haut degré de vascularité et les cellules (ostéoblastes de la couche ostéogénique et cellules de la moëlle) sont les éléments importants dans cette formation osseuse.

La moëlle est de deux espèces, suivant l'état que présentent ses cellules ; si un certain nombre ou la

lement à l'état de canaux de Havers, et au-dessous du périoste la quantité des ostéoblastes va diminuant, de sorte que sur la diaphyse d'un os pris sur un animal à la naissance on ne retrouve qu'un petit nombre d'ostéoblastes entourant les vaisseaux sanguins dans les conduits de Havers et au-dessous du périoste. Enfin, sur les animaux adultes, on ne voit dans les conduits de Havers que le vaisseau sanguin avec quelques éléments lamineux; au-dessous du périoste il est de même difficile d'observer, de distance en distance, quelques îlots d'ostéoblastes rapetissés et déformés.

Quoi qu'il en soit, est-il bien légitime de considérer comme éléments de la moëlle des os les ostéoblastes qui ont certainement un rôle actif dans la génération de la substance osseuse? Les caractères différentiels des ostéoblastes et des médullocelles sont cependant évidents.

1° Caractères d'ordre morphologique : dimension relativement considérable, configuration polyédrique ou prismatique pour les ostéoblastes.

Petit volume peu différent de celui des leucocytes pour les médullocelles, forme régulièrement sphérique.

2° Caractères d'ordre physiologique. Partout où l'on observe des ostéoblastes, on rencontre de la substance osseuse en voie

plupart d'entre elles sont transformées en vésicules adipeuses, elle a un aspect jaunâtre, d'où le nom de moëlle jaune ; si quelques-unes seulement ou aucune des cellules ne subit la transformation graisseuse, la moëlle semble rouge et est appelée moëlle rouge. Dans le canal central ou médullaire de la diaphyse des os longs et dans les aréoles de quelques os spongieux, la moëlle est *jaune ;* aux extrémités de la diaphyse, dans la substance osseuse spongieuse en général et dans les os jeunes en voie d'accroissement, la moëlle est *rouge*. Les cellules, spécialement celles de la moëlle rouge, sont, à l'état normal, les éléments formateurs d'un grand nombre de globules rouges du sang, comme cela a été mentionné ci-dessus.

de formation. Au contraire, dans le canal médullaire des os longs, dans les espaces spongieux des os plats, où l'on rencontre des amas considérables de médullocelles mêlés ou non à des myéloplaxes, on n'observe jamais de production osseuse. S'il y avait indentité de nature entre les ostéoblastes et les médullocelles, il devrait y avoir identité de fonction.

Nerfs de la moëlle des os. — La moëlle des os est assez riche en nerfs. La plupart pénètrent dans le canal médullaire par le trou nourricier en suivant les vaisseaux sanguins. Le ganglion nerveux signalé par Gros (1846) à l'entrée du trou nourricier n'existe pas. L'étude de ces nerfs est facile sur le cheval, le chien et aussi sur l'homme à l'état frais; ils ont été retrouvés avec des dispositions analogues sur la plupart des vertébrés. — Les filaments nerveux suivent assez régulièrement le trajet des vaisseaux sanguins qui leur servent de support; ils se subdivisent avec eux en rameaux de plus en plus ténus; ces filaments contiennent des fibres de Remak et des fibres à myéline : les premières vraisemblablement destinées aux vaisseaux, les secondes en rapport avec la sensibilité propre à la moëlle des os (Duverney, Bichat). (*Sur les nerfs de la moëlle des os*, par Rémy et Variot, *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1880.)

Dans la moëlle, particulièrement dans la moëlle rouge, on rencontre des cellules énormes multinucléées appelées *myéloplaxes* de Robin. Elles dérivent d'un accroissement démesuré des cellules à moëlle ordinaires, et leur importance se rattache à la formation de l'os et à la résorption modelante (voir plus bas). D'après Heitzmann, Malassez et autres, elles serviraient aussi à la formation des vaisseaux sanguins et des globules rouges [1].

64. La *substance fondamentale osseuse* est un tissu fibreux dense, c'est-à-dire un tissu produisant de la gélatine par la coction. La substance intermédiaire aux fibrilles est pétrifiée par le dépôt de sels inorganiques de chaux, insolubles, spécialement des carbonates et des phosphates. Ces sels peuvent être dissous par les acides forts (acide chlorhydrique); ils sont convertis par là en sels solubles. Ainsi, la matrice organique de la substance osseuse, appelée osséine, est obtenue comme une matière molle flexible et que l'on peut aisément couper.

La substance osseuse arrivée à l'état adulte est généralement lamelleuse, les lamelles étant d'une épaisseur microscopique. Interposés entre chacune des lamelles sont un grand nombre d'espaces isolés, aplatis, oblongs, les *lacunes osseuses* (*ostéoplastes*) (FIG. 33); ces espaces s'anastomosent par de nombreux canalicules avec ceux de la lamelle voisine et ceux des lamelles adjacentes. L'apparence présentée par ces lacunes est fort analogue à celle des lacunes et canalicules contenant les cellules de la cornée et décrites au chapitre v.

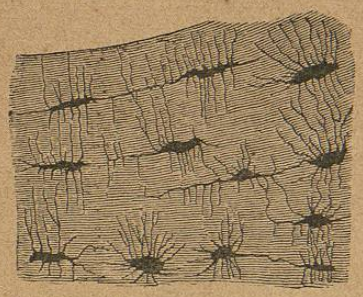

FIG. 33. — Lamelles osseuses, lacunes osseuses oblongues, ramifiées et canaux interposés entre elles.

Ces lacunes osseuses et leurs canalicules constituent le système canaliculaire lymphatique de la substance osseuse, car ils sont en libre communication avec les vaisseaux lymphatiques des espaces spongieux de la moëlle et des canaux de Havers.

65. Dans la substance fondamentale de l'os, chaque lacune contient aussi une cellule protoplasmique nucléée, appelée cellule osseuse, qui cependant ne la remplit pas complètement. Dans l'état jeune, la cellule est ramifiée, les ramifications passant dans les canalicules de la lacune; et dans l'état de vieillesse, on ne découvre plus qu'un petit nombre de

[1] *Rôle hématopoïétique de la moëlle des os.*— Si la moëlle des os était un foyer générateur essentiel pour les globules rouges il faudrait admettre que cette fonction manque chez les poissons cartilagineux et dans les os qui ne contiennent pas de moëlle. La même fonction ferait également défaut dans la plupart des os longs, courts et plats des oiseaux, chez lesquels les sacs aériens vont communiquer avec les cavités médullaires qui ne sont tapissées que d'une couche de tissu lamineux. (V. Robin, art. *Moëlle des os*, *Dict. encyclopédique des sciences médicales.*)

prolongements sur la cellule osseuse, qui, avec sa lacune et ses canalicules, est appelée *corpuscule osseux*.

66. Selon l'arrangement de la substance osseuse, on distingue une substance compacte et une substance spongieuse. La première se rencontre dans la diaphyse des os longs et dans la couche superficielle des os plats et courts. Les lamelles présentent l'arran-

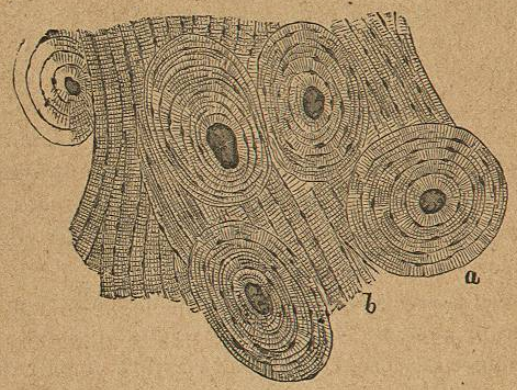

FIG. 33, *A*. — Substance osseuse compacte en coupe transversale.

a, lamelles concentriques arrangées autour des canaux de Havers coupés en travers; — *b*, lamelles interstitielles ou fondamentales; — les lacunes osseuses sont vues entre les lamelles osseuses.

gement suivant : (*a*) Les lamelles concentriques ou de Havers entourent directement les conduits de Havers (FIG. 33, *A*). Ces derniers sont des canaux déliés, de longueur variable, courant dans la substance compacte, suivant une direction longitudinale et s'anas-

tomosant les uns avec les autres par des rameaux transversaux ou obliques. Les canaux de Havers situés près du canal médullaire sont plus larges que ceux au-dessous du périoste. Ainsi ces canaux rapprochés de la cavité médulaire s'élargissent graduellement par résorption jusqu'à ce qu'ils se fusionnent avec cette cavité médullaire. Chaque canal de Havers contient un vaisseau sanguin, un ou deux lymphatiques et une quantité variable de tissu médullaire. Ces canaux s'ouvrent les uns dans la cavité médullaire, et les autres à la surface extérieure de l'os dans la couche ostéogène du périoste ; de cette manière se trouve établie la continuité de la moëlle et de la couche périostique. Ces canaux sont entourés par un certain nombre de lamelles osseuses disposées concentriquement avec les corpuscules osseux interposés entre elles, et elles constituent un système de lamelles concentriques.

Près de la surface externe de la substance compacte, le nombre de lamelles dans chaque système est moindre que dans les parties plus profondes. (*b*) Entre ces systèmes de lamelles concentriques sont des lamelles interstitielles ou fondamentales; elles courent dans des directions variées et, en réalité, remplissent les interstices laissés libres par les systèmes de lamelles concentriques ou de Havers. Près de la surface externe des os longs, ces lamelles interstitielles ont une direction principalement parallèle à la surface. Ce sont les lamelles circonférencielles de Tomes et de Morgan. Les lamelles de l'os compacte sont perforées par des fibres perpendiculaires calcifiées, les

fibres perforantes de Sharpey. Ces fibres sont en continuité avec les fibres du périoste aux dépens desquelles elles se développent. Quelques-unes de ces fibres sont fines et de la même nature que les fibres élastiques.

67. La substance spongieuse osseuse se rencontre aux extrémités de la diaphyse, dans les apophyses ; dans les os courts et dans le diploë des os plats. Les cavités ou aréoles de la substance spongieuse sont appelées espaces de Havers ; ils communiquent les uns avec les autres et sont remplis de moëlle qui, dans la jeunesse et pendant la croissance, est généralement de la variété rouge. Les parties solides se présentent sous forme de spicules et de septa et sont appelées trabécules osseuses ; celles-ci sont de longueur et d'épaisseur variables, et sont composées de lamelles de substance osseuse.

Selon l'arrangement des trabécules, la substance spongieuse se montre comme une substance uniformément criblée de trous ou striée dans le sens de la longueur, comme dans les extrémités de la diaphyse des os longs. Dans ce dernier cas, les espaces à moëlle sont allongés et les trabécules sont plus ou moins parallèles, mais reliées les unes aux autres par des branches transversales.

68. *Développement de l'os.* L'os[1] se développe chez

[1] *De la substance préosseuse.*— Partout où l'os apparaît sans cartilage préexistant, se substituant aux tissus cellulaire, fibreux, etc., il est précédé par la production d'une substance particulière (préosseuse), se disposant sous forme de lamelles, de trabécules, d'aiguilles (voûte du crâne), à la surface des-

l'embryon et continue à se former aussi après la naissance, tant que les os grandissent. Ce développement s'effectue soit dans le cartilage, ou, indépendamment du cartilage, directement aux dépens de la couche ostéogène du périoste. Le premier mode de développement est appelé enchondral, le second périostal ou formation intermembraneuse. Tous les os des membres et de la colonne vertébrale, le sternum et les côtes, et les os formant la base du crâne sont préformés dans le premier stade embryonnaire sous forme de cartilages hyalins, solides, recouverts d'une membrane identique au périoste comme structure, et comme fonction membrane qui, plus tard, deviendra le périoste lui-même. Les os de la voûte du crâne, les os de la face, la mâchoire inférieure excepté l'angle, ne sont pas préformés, seulement il existe une membrane iden-

quelles naissent les ostéoblastes. — Le passage de la substance préosseuse à l'état d'os définitif est caractérisé par l'englobement complet des ostéoblastes. La travée osseuse de nouvelle formation offre des réactions colorantes différentes de la zone marginale préosseuse qui la borde et des aiguilles de substance préosseuse qui, en partant, irradient dans les parties voisines (Bouveret, tumeurs à ostéoblastes).

La substance préosseuse n'existe qu'à l'état de minces couches ou filaments sur l'homme et la généralité des mammifères. Mais chez certains animaux (cervidés, ruminants), elle forme, lors de l'accroissement du bois ou corne et de la columelle, une couche distincte pouvant atteindre un à deux centimètres d'épaisseur chez les cervidés.

Envisagée dans ces conditions, elle constitue un tissu mou, par rapport à l'os, mais ferme, résistant, non extensible ni rétractile, difficile à déchirer, bien que parcouru par de nombreux conduits renfermant des capillaires. — Sur des coupes minces, la substance limitant les conduits vasculaires est disposée en lames ou couches étroites, épaisses de un à deux

tique au futur périoste, et c'est au-dessous d'elle que l'os se dépose graduellement.

69. *Formation enchondrale.* Le nouvel état qui suit celui dans lequel on voit le squelette formé par du cartilage hyalin solide, recouvert par le périchondre, est le suivant : partant du centre ou point d'ossification et s'étendant dans toutes les directions, le cartilage se montre comme pénétré de canaux nombreux (canaux du cartilage), ces canaux contenant des prolongements (processus périostiques de Virchow) de la couche ostéogène du périoste, constitués par des vaisseaux sanguins, des ostéoblastes et des cellules à moëlle. C'est l'état de *vascularisation du cartilage.*

Au stade suivant, le cartilage bordant ces canaux augmente de transparence, les lacunes devenant plus

centièmes de millimètre, anastomosées en tous sens de manière à circonscrire des cavités remplies chacune d'un seul ostéoblaste. Les lamelles intercavitaires deviendront la substance fondamentale dure de l'os et, simultanément, les ostéoblastes se transformeront en ostéoplastes. Notons encore que cette substance se colore par le carmin comme la substance préosseuse marginale entourant les os du crâne fœtal.

La substance préosseuse a été soumise à l'analyse chimique par M. Henninger; elle présente exactement les mêmes caractères que l'osséine; de même que l'osséine, elle donne de la gélatine par la coction; elle diffère absolument du cartilage en ce qu'elle ne renferme pas de trace de chondrine. Au reste, indépendamment de ces caractères chimiques différentiels, les ostéoblastes inclus dans les cavités de la substance préosseuse n'ont aucune ressemblance avec les cellules du cartilage. (V. Robin. Art. *Os*, *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales* et Robin et Hermann, *Journal de l'Anatomie*, 1882.)

larges et les cellules du cartilage plus transparentes. Ces dernières s'atrophient graduellement, tandis que les trabécules intercellulaires se calcifient. Les lacunes elles-mêmes par résorption se fusionnent avec les canaux cartilagineux. Ces canaux se transforment de cette manière en cavités irrégulières qui sont bordées ou pénétrées par les trabécules de cartilage calcifié. Ces cavités sont les cavités primitives à moëlle, et elles sont remplies par la moëlle primitive ou cartilagineuse, c'est-à-dire les vaisseaux sanguins et les ostéoblastes, dérivés, comme il a été établi ci-dessus, de la couche ostéogène du périoste.

Les ostéoblastes, par suite d'une multiplication active, se rangent en une couche épithéloïde à la surface des trabécules du cartilage calcifié bordant les cavités primaires de la moëlle ou pénétrant au dedans d'elle. Les ostéoblastes forment la substance osseuse et, grâce à leur activité, les trabécules de cartilage calcifié sont enveloppées et recouvertes graduellement d'une couche de substance osseuse ; ainsi se développent la matrice osseuse et les cellules ramifiées de l'os.

Le cartilage originel prend graduellement l'apparence d'une substance spongieuse, dans laquelle les cavités (cavité primaire de la moëlle) sont remplies de moëlle primaire et sont de dimension considérable, tandis que les trabécules de cartilage calcifié les bordant sont recouvertes d'une couche d'os nouveau. Les cellules à moëlle ou ostéoblastes continuent à déposer la substance osseuse sur la surface libre des trabécules, tandis que les trabécules de cartilage calcifié se résorbent graduellement par leur centre.